This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

UC-NRLF
$B 315 390

TJ
184
K6

Die Rad-Verzahnungen

von

A. Kittel.

396

YB 51981

Reese Library.

Mechanisms

REESE LIBRARY

OF THE

UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Received Nov. , 1890

Accessions No. 42529 Shelf No.

Die

Rad-Verzahnungen

durch eine practische

Anleitung

leichtfaßlich dargestellt,

nebst einer **neuen** Vorrichtung, die **Radzähne richtig herzustellen.**
Zum Gebrauche für **Uhrmacher, Optiker, Präcisionsmechaniker** 2c.

von

A. Kittel,

Chronometermacher in Altona.

Verfasser der im Jahre 1885 vom **Central-Verband** der **Uhrmacher** herausgegebenen und prämiirten **25 Zeichenvorlagen für Uhrmacher.**

Mit 8 Zeichnungstafeln und Text.

Altona.
Verlag von Anton Send.
1889.

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

TJ184
K6

42529

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Vorwort.

Das vorliegende Heft soll dazu dienen, die Theorie der Verzahnungen in practischer Form in den Werkstätten des Präcisionsmechanikers heimischer zu machen.

Diesen Zweck hoffe ich erreicht zu haben durch eine kurze verständliche Form der Berechnungen, sowie durch die Erläuterung der in den mechanischen Werkstätten vorkommenden Verzahnungen, welche eine aus der Praxis hervorgegangene Eigenart ist, worin hauptsächlich dem Präcisions-Mechaniker eine Anleitung mangelt. Durch Zusammenstellung der gebräuchlichsten Eingriffsarten ist jeder in den Stand gesetzt, jeden zweckentsprechenden Eingriff auszuwählen.

Altona, 1889.

A. Kittel.

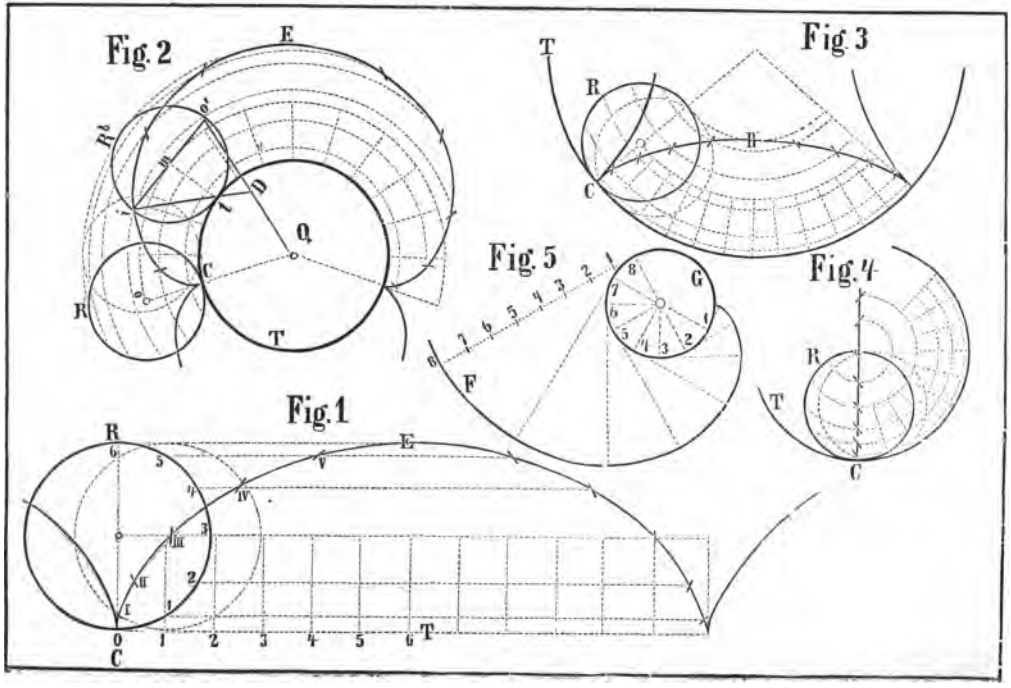


Fig. 2
E
R'
D
O
C
R
T
Fig. 3
T
R
C
Fig. 5
G
F
Fig. 4
R
T
C
Fig. 1
R
E
C
T

Tafel I.

Bemerkung: Da die Constructionen der Radlinien fast in jeder Schule gelehrt werden und in jedem „Handbuch für Linearzeichnen" zu finden sind, so wird die folgende Erklärung der Tafel hinreichen.

Fig. 1. **Die Radlinie (Cycloide) E**, dieselbe entsteht durch Rollen des Kreises R auf der Geraden T, während der Punkt C die Radlinie beschreibt.

Fig. 2. **Die Aufradlinie (Epicycloide) E**, entstanden durch Rollen von R auf dem Kreise T.

Um für irgend einen Punkt der Aufradlinie E, z. B. i die Normale und auf diesen den Krümmungsmittelpunkt D ein kurzes, der Aufradlinie ähnliches Kreisbogenstück zu finden, trage auf den, durch den Mittelpunkt des Rollkreises R zu T parallel gezogenen Kreis o m den Halbmesser i m des Rollkreises ab, ziehe i m o', o' D Q und durch den Berührungspunkt R^b mit Kreis T die Gerade i t D. Dann ist D der Mittelpunkt für das kurze durch Punkt i gehende Kreisbogenstück.

(Vergleiche Erklärung der Fig. 9, Tafel II.)

Fig. 3. **Die Inradlinie (Hypocycloide) H**, entstanden durch Rollen von R in T. Dieselbe wird in Fig. 4 zu einer Geraden, wenn R = 1/2 des Grundkreises ist.

Fig. 5. **Die Fadenlinie (Evolvente) F**, entsteht durch Abwickelnng eines um den Kreis G geschlungenen Fadens. Der Endpunkt beschreibt die Evolvente.

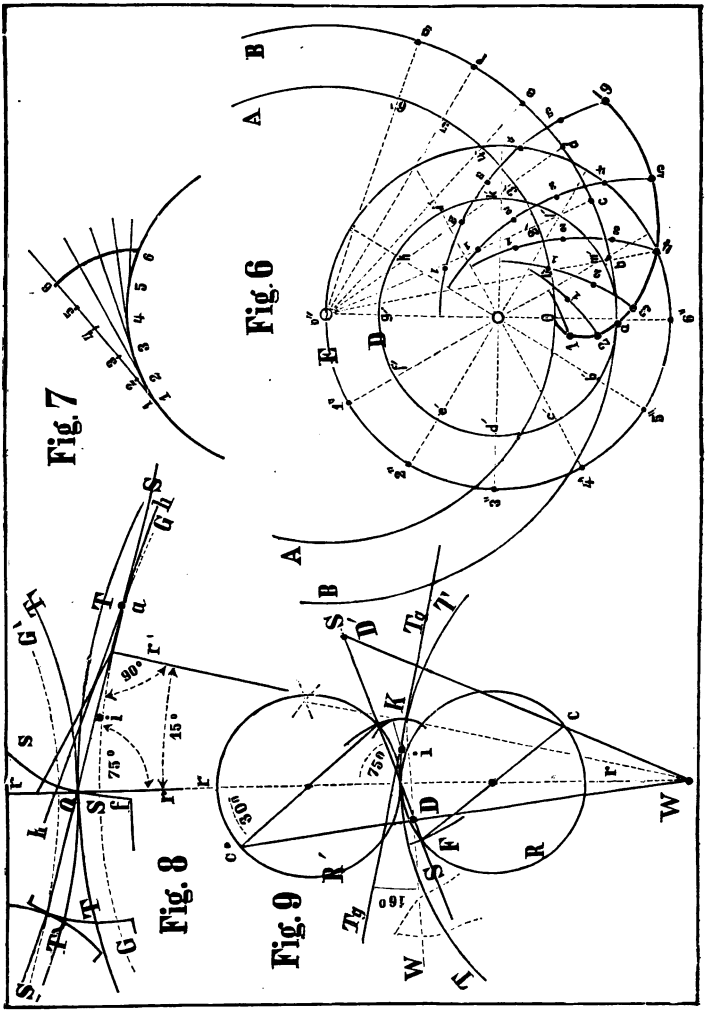


Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9

Tafel II.

Fig. 6. Die verlängerte Inradlinie, entsteht durch Wälzen des Kreises B auf D, während der Kreis A der Erzeugende ist. Denke den Kreis A mit B um D gedreht und zeichne aus den Punkten am Kreis E 1″ 2″ 3″ u. s. w., die Bögen 1, 12, 123 u. s. w. deren Endpunkte die verlängerte Inradlinie giebt. Das Anfangsstück 1, 2 der Curve findet als Höhlung einer Zahnlücke Verwendung; kommt jedoch seltener vor und kann durch ein ähnliches Kreisstück ersetzt werden.

Fig. 7. **Die Evolvente als Zahnkopfstück.** (Vergl. Taf. I.)

Fig. 8. **Die annähernde Form der Evolvente durch 2 Kreisstücke Q S** aus **i** und **Q s** aus **a dargestellt.** S F ein beliebiges Fußstück, das am Fuße etwas verstärkt ist, um dem Zahn mehr Festigkeit für größere Räder zu erteilen. G G′ sind die erzeugenden Kreise für die Evolventen (vergleiche Tafel I, Fig. 5), welche gebildet werden durch die Grade S S unter einen Winkel mit der Centrale r r von 75 Grad. T T′ sind die Teilkreise der betreffenden Räder (siehe Einleitung Blatt 22, § 1).

Fig. 9. **Die annähernde Form der Auf- und Inradlinien durch Kreisstücke F und K.** (Vergleiche Tafel I, Fig. 2 R^b.)

Man ziehe die beiden Erzeugungskreise (Rollkreise) R und R′, die beiden Durchmesser c c′ mit der Mittel- oder Centrallinie r r unter einen Winkel von 30°, so daß die Endpunkte dieser Linie in die Mitte der Zahnköpfe fallen, ziehe ferner die Gerade S S, welche die beiden Endpunkte der Durchmesser verbindet, sowie die Geraden W c′ und W D′, so sind D und D′ die Einsatzpunkte. (Man kann auch die Aufradlinie K durch 2 ähnliche Kreisstücke bilden, als durch i K gleich 1/3 von D K, wodurch die Curve genauer nachgeformt wird.

Bemerkung. Diese Zahnform findet man bei Satzräderverzahnungen. (Siehe Bemerkung Tafel III.)

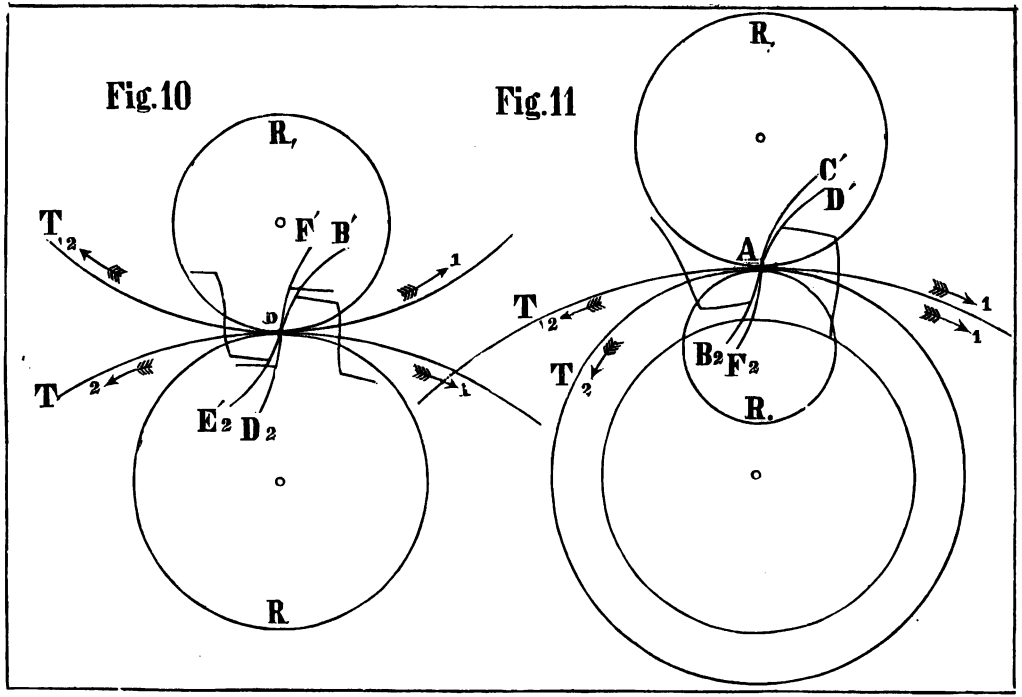


Fig.10
R,
T 2
F´ B´
1
D
T 2
1
E´2 D2
R
Fig.11
R,
C´
D´
A
T 2
1
1
B2 F2
T 2
R,

Tafel III.

Zahnflankenverzeichnung nach der Radlinie.

(Zur Uebung.)

Fig. 10. **Außenverzahnung:**

Die Aufradlinie a B′ durch Rollen des Kreises R, auf T in der Pfeilrichtung.
Die Inradlinie a F′ durch Rollen des Kreises R, in T,.
Die Aufradlinie a E_2 durch Rollen des Kreises R auf T,.
Die Inradlinie a D_2 durch Rollen des Kreises R in T.

Fig. 11. **Innenverzahnung:**

Die Inradlinie ∧ B_2 durch Rollen des Kreises R an der inneren Kreislinie T,.
Die Inradlinie ∧ F_2 durch Rollen von R in T.
Die Aufradlinie (Fußflanke) ∧ C, durch Rollen des Kreises R, auf T,.
Die Aufradlinie ∧ D, durch Rollen von R, auf T.

Bemerkung: Die Rollkreise können im Allgemeinen beliebig sein, nur müssen die auf den Fußcurven hingleitenden Kopfcurven stets mit dem gleichen Erzeugungskreise oder Rollkreise beschrieben sein.

Bei Satzrädern werden die Rollkreise für sämmtliche einzelne Räder von gleichem Durchmesser genommen. Die Größe des Rollkreises ist so angenommen worden, daß dieselbe bei der Zähnezahl 11 gleich dem halben Durchmesser des Teilkreises wird, wobei die Zahnflanke eine Gerade wird. Bei Satzrädern mit größeren Zahnzahlen sind die Flanken gekrümmt. (Vergleiche Blatt 27).

— Räder mit nur geraden Flanken findet man meistens bei den kleinen mechanischen Präcisionswerken der Uhren und andere mehr angewandt, und heißen Geradflankenverzahnungen, hier sind dann die Rollkreise stets = $^1/_2$ R (siehe Tafel IV, Fig. 15.)

Fig.12

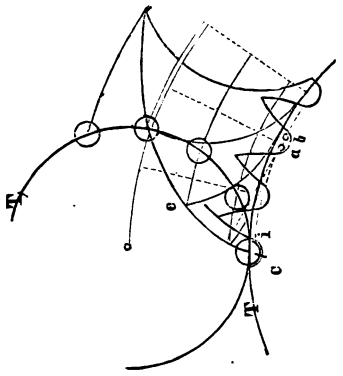
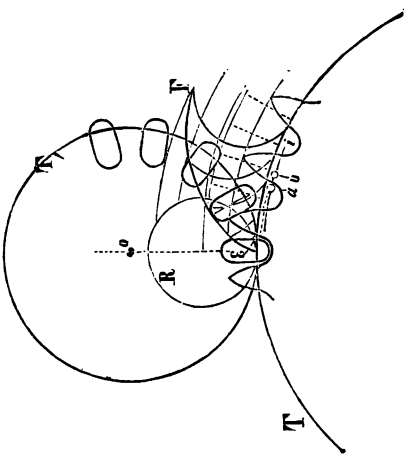


Fig.13



Tafel IV.

Fig. 12. **Triebstockverzahnung:**

Triebstock 13 Zähne, Teilkreishalbmesser T, = 62 mm.
Zahnrad 29 Zähne, Teilkreishalbmesser T = 138,5 mm.
Man nehme den Teilkreis T, als Rollkreis und beschreibe aus dem Punkte c die Epicycloide c e, mache die Stabdicke etwa für größere Räder 1/10 kleiner wie die Hälfte der Teilung oder auch für kleinere Eingriffe etwas mehr wie 1/3 der Teilung, (es ist zweckmäßig die Stäbe dann in Zapfen drehbar zu machen), suche den Einsatzpunkt a und beschreibe aus b bei i das der Curve ähnliche Bogenstück; nehme die Zahnbreite des Rades gleich der Hälfte der Teilung und bilde in derselben Weise die Zähne. — Ein Halbkreis bestimmt die Fußflanke zweier benachbarten Zähne.

Fig. 13. **Räder an Präcisionsinstrumenten,** vom Verfasser. Die Triebstäbe bestehen hier aus flachgewalzten Rundstäben, die der Wälzung der Radzahnflanken eine größere Fläche darbieten und deshalb der Abnutzung weniger unterworfen sind, wie die Stockverzahnung der Fig. 12.

Der Rollkreis dieser Verzahnung muß natürlich eine andere sein, da die Triebflanken keine nach der Mittellinie gerichtete Ebene, also keine Gradflanken besitzen, sondern als Stücke der Inradlinie genommen werden können, dessen Rollkreis um die ganze Stabdicke kleiner ist als der Radius des Teilkreises. Die Stabdicke ist gleich oder auch eine Kleinigkeit mehr wie 1/3 der Teilung, die Radzähne sind gleich 4/7 der Teilung zu nehmen.

Fig.14

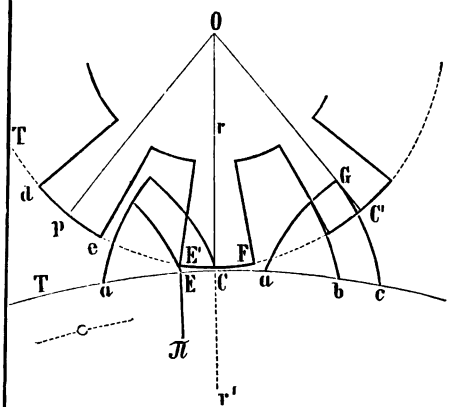
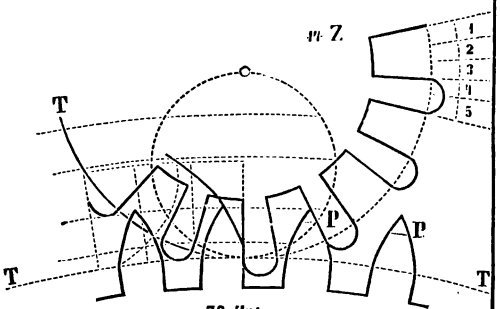


Fig.15



70 Zähne
Eingriffsweite 150 mm

Tafel V.

Fig. 14. **Erklärung der Figur, wie bei den kleineren Verzahnungen die Führung vor der Centrale r r, zu vermeiden ist.**

Sind bei T, und T Zahn gleich Lücke, haben somit beide Teilkreise dieselbe Teilung, so würde der Zahn E F um die Hälfte seiner Stärke vor der Centrale r r, angetrieben werden; es würde also hier die Ecke E′ mit dem Zahn a E in eine harte eingehende Verreibung treten, da hier der Zahnkopf von E′ F mit Absicht weggelassen ist. Setzten wir auf E′ F eine richtige Kopfcurve durch einen Rollkreis beschrieben gleich 1/2 r, so würde die Grade E X sich auf derselben zwar abwälzen, jedoch eine richtige Wälzung nicht stattfinden können, da die Grade E X und die denkende Kopfkurve des Zahnes E′ F als zwei verschiedene Linien auf ungleichen Flächen wirken, daher sich verschieben müssen, was stets bei Cycloiden-Eingriffen stattfindet. Abgesehen von den unvermeidlichen Ungleichheiten der Ausführungen, würde also auch stets Verreibung vorhanden sein. Nehmen wir jetzt den Zahn a E bis C, und denken uns den Zahn E F als eine gerade Linie in C, so würde in dem Angriffe bei C in der Centrale r r, keine Verreibung mehr stattfinden können, da der Angriff in der Centrale r r, stattfinden muß, weil der vorgehende Zahn in C′ noch auf der Gerade G C′ im Angriffe steht.

Einen diesem Principe zu Grunde gelegten Eingriff zeigt Fig. 15.

Bemerkung: Bei noch niedrigeren Zahnzahlen als 11 Zähne für die Getriebe wird die Stabdicke 1/3 der Teilung, der Radzahn = 1/2 oder auch 4/7 der Teilung für Präcisions-Werke genommen.

Fig.16

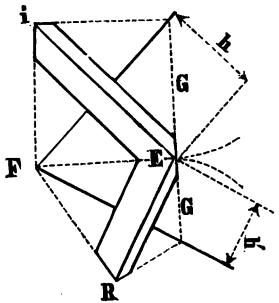
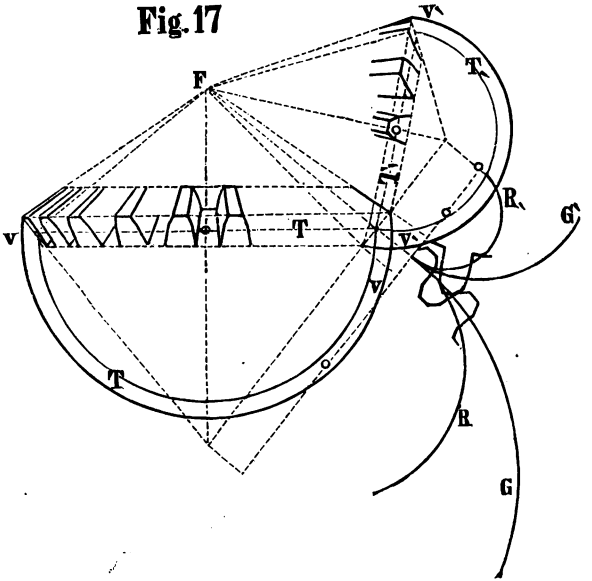


Fig.17



Tafel VI.

Kegelräder.

Bei Kegelrädern ſchneiden ſich die Axen, und folglich iſt die Grundform ein Kegel wie in Fig. 16 E F i und E K F. Die Umdrehungszahlen verhalten ſich wie die Radien zu einander und iſt das Uebrige ähnlich den Stirnrädern. hh' ſind die Teilkreiſe, G G aber die Grundkreiſe für die Conſtruction der Zähnköpfe.

Fig. 17. **Zwei Kegelräder:** T T, die Teilkreiſe, G G, die Grundkreiſe und R R, die Rad- oder Rollkreiſe gleich 1/2 der Grundkreiſe, die Flanken in Folge deſſen Geraden oder Radienſtücke. Die Fußflanken bei G der größeren Feſtigkeit abgerundet; v v' die vollen Durchmeſſer über die Zahnköpfe der beiden Kegelräder.

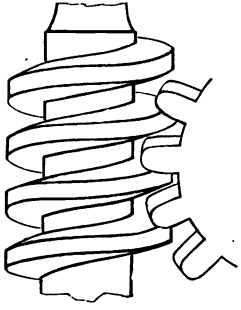


Fig.20

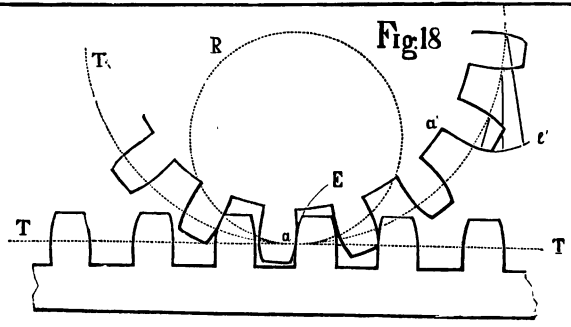


Fig.18

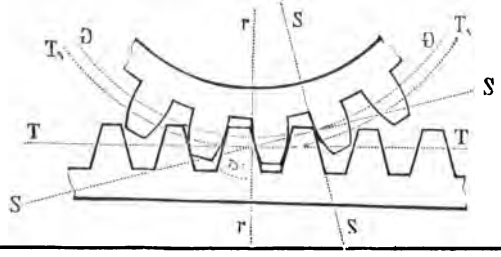


Fig. 19

Tafel VII.

Schrauben-Eingriff.

Fig. 18. **Schrauben-, auch Zahnstangen-Eingriff (Cycloiden-Eingriff).**

T T Teillinie, T_1 Teilkreis.

a E Stück einer Epicycloide, entstanden durch Rollen von R auf T_1 T.

a′ e′ Stück einer Evolvente durch Abwickelung von T T.

Fig. 19. **Schrauben- oder Zahnstangen-Eingriff (Evolventen-Eingriff).**

S S Gerade unter 75 Grad mit r r geneigt.

T T Teillinie, T_1 T_1 Teilkreis.

G G Grundkreis, S S Senkrechte, auch Flanke der Zahnstange oder der Schraube.

Fig. 20. **Bildliche Darstellung des Schrauben-Eingriffes.**

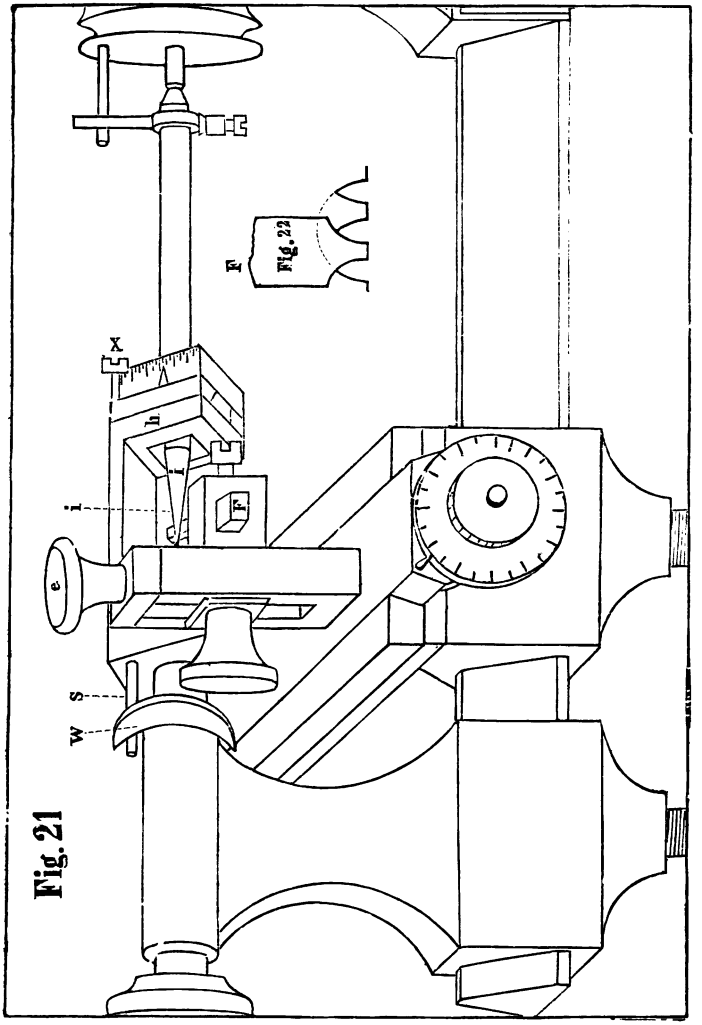


Fig. 21

Tafel VIII.

Mechaniſche Vorrichtung zur genauen Herſtellung von Radzahnfräſen.

Vom Verfaſſer.

Fig. 21. **Kleine Drehbank.**

i i′ excentriſch verſtellbare Spitzfräſe

F F′ Zahnfräſe oder Stichel.

Fig. 22. **Dieſelbe Zahnfräſe oder Stichel in der Lücke zweier Radzähne dargeſtellt.**

Einleitung.

Die Festigkeitsberechnungen, die einen Hauptbestandteil in der Constructionslehre der Maschinenbaukunde bilden, finden in der Klein- und Präsicionsmechanik bei den Zahnrädern keine Anwendung, weil die Dimensionen hier zu gering sind und andere physikalische Eigenschaften der Materialien meistens vorherrschen als daß die auf dem Gebiete der Großmechanik gewonnenen Formeln ohne weiters in die Kleinmechanik herüber genommen werden könnten. Daher ist es hier eine Hauptbedingung für die Herstellung zuverlässiger Werke, daß der Techniker und Constructeur derselben neben Kenntnissen eine hinreichende Erfahrung besitzen muß.

Der Kleinmechaniker ist gewöhnlich an bestimmte Größenverhältnisse und Umdrehungszahlen gebunden. Der Zweck, den er meistens erreichen will, ist: hinreichende Bewegung mit wenig Arbeitsleistung. Wenngleich die Berechnungen dadurch sich einfacher gestalten, so hat er nichts bestoweniger eine gute Portion Scharfsinn aufzubieten, um seinen Zweck für alle Fälle zu erreichen.

Geht der Maschinenbauer bei Berechnung von Rad- und Triebgrößen von den Zahnstärken aus, so verfahren wir anders; für uns sind meistens die Entfernungen maßgebend, in welchen Räder von bestimmten Umdrehungszahlen wirken sollen. Es würde daher auch für uns keinen Nutzen haben, wollten wir die Festigkeits-Coffinienten der Materialien bei den Verzahnungen mit in Rechnung ziehen, da dieses Sache des practischen Arbeiters ist und demselben überlassen bleiben muß.

Bevor wir auf die einzelnen Arten der Räder übergehen, wird es nothwendig sein, einige Vorbemerkungen vorausgehen zu lassen.

1. Teilkreise sind diejenigen Kreise, aus denen man sich die Zahnradgrößen entstanden denkt. Bei den Cycloiden-Eingriffen sind dieses die Grundkreise für die Kopfcurven.
2. Die Teilkreise verhalten sich zueinander, wie ihre Zahnzahlen und umgekehrt wie ihre Umdrehungszahlen.
3. Die Zahnteilung ist die Teilung auf dem Teilkreis. Sie reicht von der Mitte eines Zahnes bis zur Mitte des folgenden oder nächstliegenden Zahnes und umfaßt Zahn und Lücke.
4. Der Kopf des Zahnes ist die Wölbung des Zahnes, der außerhalb des Teilkreises liegt.
5. Die Flanken sind die seitlichen Begrenzungsflächen desselben.
6. Der Umfang des Teilkreises läßt sich aus der Teilung und der Anzahl der Zähne bestimmen.

   Der Umfang eines Kreises ist $= r. 2. \pi$
   oder Radius mal 2 mal 3,14

   habe ich die Teilweite, so ist der Umfang des Teilkreises t Z oder Teilung mal Zahnzahl.
7. Den Radius eines Rades zu erhalten ist es nur nöthig, den Umfang des Teilkreises durch 2π oder $2 \times 3{,}14 = 6{,}28$ zu teilen.

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Die Theorie der Verzahnungen im Allgemeinen.

Sie hat die Aufgabe zu lösen, solche Zahnformen zu finden, die eine sanfte gleichförmige Bewegung ergeben und der geringsten Abnutzung unterworfen sind. Zahnformen, die diesen Bedingungen entsprechen, sind die Cycloidenverzahnungen und die Evolventenverzahnungen.

Man teilt die Räder in:

1) Stirnräder, d. h. solche Räder, welche ihre Zähne an der äußeren Kante als an der Stirnfläche tragen und deren Axen parallel sind.
2) Conische oder Kegelräder, solche Räder, die eine conische Gestalt haben und deren Axen sich schneiden.
3) Schraubenräder, solche Räder, deren Axen übereinander hingehen, ohne sich zu schneiden um parallel zu sein und deren Zähne eine Schraubengestalt annehmen.

   Hiervon giebt es zwei Arten.

   Bei der einen Art, die man auch bei Stirnräder anwendet, haben die Zähne eine Steigung, ähnlich einer Schraube mit vielen Gängen. Sie findet ihre Anwendung bei kleinen Drehbänken und solchen Räderwerkübertragungen, die bei verhältnißmäßig

starkem Drucke und feiner Teilung doch eine größere Festigkeit und sanftere Führung haben sollen. Diese Räder finden wegen der schweren Ausführung seltener Anwendung als die gewöhnlichen Stirnräder. Sie sind auch für schwächere Kräfte nicht brauchbar, da bei ihnen eine größere Axenreibung stattfindet. Die Construction ist dieselbe wie bei den Stirnrädern, nur daß die Zähne schräg zur Mantelfläche stehen.

Bei der anderen Art der Schraubenräder, deren beide sich schneidenden Axen einen rechten Winkel bilden, erhält das eine Rad eine Schraube ohne Ende. (Siehe Tafel 7, Fig. 20).

Gewöhnlich ist die Schraube eingängig und treibend, folglich wird auch bei einem Umgang des Schraubenspindels das Rad um einen Zahn verrückt.

Der umgekehrte Fall, wobei das Rad der reibende und die Schraube der getriebene Teil ist, kommt wegen der enormen Reibung, außer bei einigen Windlängen, seltener vor. Alsdann muß das Schraubengewinde einen viel flacheren Gang haben, daher eine mehrgängige Schraube sein, um diese Bewegung überhaupt möglich zu machen. Es wird das Rad bei einem Umgang der Schraubenspindel um soviel Zähne vorrücken, wie die Anzahl der Gänge entsprechen.

Die Zähne des Rades müßten eigentlich eine schiefe Steigung zu dem Radkranz oder dessen Axe haben, vorzüglich, wenn dessen Dimensionen etwas stark sind, aber man kann auch die Axe der Schraubenspindel gegen die Teilebene des Rades um den Winkel der entwickelten Schraubenlinie drehen.

Die Evolventen-Verzahnung, (vergl. Tafel 2, Fig. 8 und Tafel 7, Fig. 19) hat folgende Eigenschaften und Vorteile gegenüber der Cycloiden-Verzahnung für größere Räder,

1) daß alle Räder derselben einander richtig bewegen können, wenn nur die Teilung die gleiche ist, weil die Normale sämmtliche berührenden Punkte der Zähne der Entstehung dieser Linie zufolge in der Geraden S S liegen.
2) Die Axenentfernung kann innerhalb kleiner Grenzen geändert werden, ohne daß der richtige Zahneingriff darunter leidet, was bei dem Cycloideneingriff nicht der Fall ist.
3) Daß die Evolventenzähne die geringste Reibung verursachen, weil beide Curven gleiche Krümmungen besitzen und somit eine wirkliche Wälzung der beiden Curven gegeneinander stattfindet — vorausgesetzt, daß die evolventische Form der Zähne eine mathematisch genaue ist, im anderen Falle, namentlich bei kleineren Rädern, Unregelmäßigkeiten um so schädlicher wirken werden.

   Wegen der in Paragraph 1 und 2 genannten Eigenschaften eignet sich die Evolventenverzahnung für Satzräder, namentlich für große Zahnzahlen und bei großen Rädern, wogegen bei kleineren Rädern die Cycloidenverzahnung vorzuziehen ist.
4) Daß Räder, welche nach der Evolvente verzahnt sind, eine größere Eingriffsdauer haben, (das heißt, es liegen mehrere Zähne im Eingriff, wenn ihre Zahnzahlen nicht zu klein sind) als solche, welche nach der Cycloide verzahnt sind. Dieses ist für die größeren Eingriffe durchaus kein Nachteil sondern vorteilhaft.

   Bei der in Tafel 5, Fig. 15 gegebenen Cycloidenverzahnung hingegen liegt nur ein Zahn im Eingriff und wird hier die Führung desselben mit der Zunahme der Zahnzahlen kürzer, weil die Führung vor der Centrallinie (siehe Fig. 14, Tafel 5) nicht stattfindet.

Diese Art der Verzahnung findet man namentlich für die ganz kleinen Eingriffe der Präcisionsinstrumente, weil die kleinen Unvollkommenheiten in der Ausführung der Zahnform für den zarten Mechanismus, insbesondere bei eingehender Reibung und Vorhandensein von Staubteilchen schädlich wirken, weshalb dem Radzahne eine längere Führung nach der Centrallinie durch eine größere Breite desselben gegeben ist, welches ermöglicht, die Führung vor der Centrallinie bei Triebzahnzahlen von über 10 Zähnen fast ganz zu vermeiden, wenn die Wölbung des geführten Triebzahnes etwas stumpfer und die Stabdicke derselben schwächer wie die des treibenden Radzahnes ist.

Sie ist stets eine Geradflanken-Cycloidenverzahnung (vergl. Bemerk. Tafel 3) da auch die geraden Flanken in den kleineren Dimensionen leichter herzustellen sind.

Die Evolventenverzahnung ist hier nicht allein unzweckmäßig, sondern unanwendbar, außer bei Aufzügen, wo unter stärkerem Drucke die kleinen unvermeidlichen Unvollkommenheiten in der Zahnform bei der eingehenden Wälzung nicht zu bemerken sind, da die Evolventenverzahnung nicht ohne Angriff vor der Centrallinie herzustellen ist und die Zahnkrümmung innerhalb des Teilkreises geht.

Selbst wenn auf der geraden Triebflanke eine unrichtige Kopfcurve des Radzahnes sich abwälzte, würde noch kein so erheblicher Fehler entstehen, als wenn zwei unrichtige Curven mit eingehender Reibung gegeneinander wirken, wenn man bedenkt, in welch kleinem Maßstabe solche Verzahnungen ausgeführt werden.

Bei den Satzrädern der Cycloidenverzahnung müssen die Rollkreise stets von gleichem Durchmesser sein und werden somit die Flanken der Zähne gekrümmt. Würde man hier gerade Flanken nehmen wollen, so würden die Rollkreise gleich

1/2 R mit den Größen der Räder wechseln und somit die Cycloiden stets bei Veränderung der Radgrößen von anderen Rollkreisen beschrieben werden, die zueinander gehörenden Räderpaare dürften daher nicht mit anderen Rädern verwechselt werden.

Man nimmt deshalb bei Satzrädern eine Einheit des Rollkreises an, die mit der Triebzahnzahl 11 gleich dem halben Radius des Triebteilkreises wird, so daß also dieser Zahn hier eine gerade Flanke annimmt.

Man setzt eine Formel für die Größe dieses Rollkreises gleich $0{,}875 \times t$ die hergeleitet ist aus $\frac{11 \cdot t}{4 \cdot \pi}$, da $\frac{z \cdot t}{2 \cdot \pi}$ oder die Zahnzahl mal Teilung, geteilt durch $2 \times 3{,}14$ gleich dem Radius des wirksamen Triebdurchmessers ist und um den Radius des Rollkreises zu erhalten, letzterer halbirt, also ersteres durch 4 mal 3,14 geteilt werden muß. — Es lassen sich die ineinandergreifenden Räder in folgenden Sätzen zusammenstellen:

1) Die Uebersetzungszahl zweier ineinandergreifenden Räder stehen in gleichem Verhältnisse zu ihren Teilkreisen.
2) Die Winkelgeschwindigkeiten oder Umdrehungszahlen verhalten sich umgekehrt wie ihre Halb- oder Durchmesser und ihre Zahnzahlen.
3) Die Zähnezahlen zweier ineinandergreifenden Räder verhalten sich wie ihre Durchmesser zu einander.
4) Muß die Zahnteilung zweier ineinandergreifenden Räder gleich groß sein. Hier dürfte die Bemerkung zugefügt werden, daß die Teilungen stets auf den Teilkreisen als den beiden Berührungskreisen innerhalb der Kopfhöhe liegen, und die Kopfhöhe den Teilkreisen zugelegt wird, um die wirklichen Durchmesser der Räder zu erhalten. Die Kopfhöhen sind aber je nach Zahnzahlen und Zahnbreiten veränder-

lich, wenn nicht wie beim Maschinenbau eine einheitliche Abstumpfung derselben gegeben ist.

Bezeichnet man bei den Stirnrädern den Abstand der beiden Axen mit C, die Radien oder Teilkreise mit R und r, die Zahnzahlen mit Z und z, die Umdrehungszahlen mit U und u, die Uebersetzungszahl mit i, so haben wir

1) $C = R + r$ und $i = \frac{R}{r} = \frac{Z}{z} = \frac{u}{U}$ folglich

2) $R = \frac{i\,c}{i+1}$ und $r = \frac{c}{i+1}$

Bezeichnet man die Zahnteilung mit t so hat man:

3) $t = \frac{2 . R . \pi}{Z} = \frac{2 . r . \pi}{z}$

4) Versuchen wir uns diese in Formel gesetzten Verhältnisse durch Zahlen deutlicher zu machen und nehmen als Zahnzahlen der zusammengreifenden Räder 50 und 10 an, so hätten wir

$$\frac{Z}{z} = \frac{50}{10} = \frac{u}{U} = \frac{1}{5} \text{ und } i = 5$$

Nehmen wir als Axenabstand c dieser beiden Räder 120 mm., so hätten wir den Radius

$$R = \frac{i\,c}{i+1} = \frac{5 \times 120}{5+1} = 100 \text{ mm.} \Big| = R + r$$

u. Radius $r = \frac{c}{i+1} = \frac{120}{5+1} = 20$ mm. $\Big| = 120$ mm.

5) Ferner suchen wir die Teilung nach der in 3 gesetzten Formel, so hätten wir:

$$t = \begin{cases} \frac{2 . R . \pi}{Z} = \frac{2 . 100 . 3{,}14}{50} = 12{,}56 \\ \frac{2\ r . \pi}{z} = \frac{2 . 20 . 3{,}14}{10} = 12{,}56 \end{cases}$$

Wir haben also in 4 die Radien der Teilkreise der beiden Räder zu 100 mm. und 20 mm. gefunden.

6) Da man bei der Herstellung der Zahnräder zunächst den wirklichen oder vollen Durchmesser derselben gebraucht, das heißt den Durchmesser, der über die Spitzen der Zahnköpfe gemessen wird, also über den Teilkreis hinausgeht, so ist diese zunächst zu bestimmen. Im Maschinenbaue ist in sofern eine Einheit geschaffen, als man die Zähne in bestimmtem Maße abstumpft, hierdurch ist eine Erleichterung zur Bestimmung der Kopfhöhe gegeben, als man dadurch leichter von einem vollen Durchmesser eines Rades den Teilkreis bestimmen kann, indem man nur nötig hat, die Kopfhöhe vom vollen Durchmesser des Rades abzuziehen um den Teilkreis zu erhalten. Man nimmt hier für die ganze Zahnhöhe (radiale Dimension) als vom Fuße bis zur Spitze des Zahnes gleich 0,7 der Teilnng $= 0{,}7 \cdot t$, hiervon wird für die Kopfhöhe $0{,}3 \cdot t$ genommen, wir hätten also zu den Teilkreisen für Maschinenräder und Drehbänke ꝛc. die Kopfhöhe außerhalb gleich $2 \times 0{,}3 \cdot t = 0{,}6 \times 12{,}56 = 7{,}54$, den gefundenen Teilkreisdurchmesser $R \times 2$ und $r \times 2$ zuzulegen, als $R = 100 \times 2 = 200 + 7{,}54 = 207{,}54$ als den wirklichen Durchmesser des Rades und $r = 20 \times 2 = 40 + 7{,}54 = 47{,}54$ als der wirkliche oder volle Durchmesser des Triebes.

In den Präcisions-Mechaniken kann man die Radzähne nicht soweit abstumpfen, weil bei den niedrigen vorzüglich im Uhrenbaue vorkommenden Zahnzahlen, woselbst man Getriebe mit weniger als 11 Zähnen antrifft, die volle Zahnwälzung in Aktion treten muß, um eine genügende Führung der einzelnen Zähne zu erhalten. Wenn man aber bei den kleinen Rädern

die Kopfhöhe gleich der Zahnbreite als 0,5 . t nimmt, so wird man für gewöhnliche Fälle eine hinreichende Genauigkeit erhalten, im andern Falle man durch eine gute Zeichnung sich von dem Verhältnisse der Kopfhöhe zur Zahnbreite oder der Teilung überzeugen kann.

Hat man ein fertiges Rad und will ein Getriebe dazu anfertigen, dessen Durchmesser unbekannt ist, so kann man den Teilkreis $= 2 \times r$ und den vollen Durchmesser des Getriebes durch den Axenabstand c ermitteln, da $r = \frac{c}{i+1}$ ist, legt man hierzu die Kopfhöhe für den spitzen Zahn der Getriebe über 10 Stäben $= 0{,}6 . t$, so hat man den vollen Durchmesser des Getriebes annähernd mit einer Zahnwälzung gleich der des Rades. Im Fall aber das Trieb eine abgestumpfte runde Wälzung hat, so wird die Kopfhöhe $= 0{,}4 . t$ dem wirksamen Durchmesser zugelegt. Bei den kleinen Getrieben unter 11 Zähnen, deren Stabdicke gleich 1/3 der Teilung ist, muß die halbe Stabdicke 2 mal, also einfach eine Stabdicke, dem vollen Teilkreis-Durchmesser zugelegt werden, um den wirklichen oder vollen Durchmesser des Getriebes zu erhalten.

7) Sind die Axenabstände nicht gegeben und nur die vollen Durchmesser als über die Zahnspitzen bekannt, so können die Axenabstände auf folgende Weise berechnet werden..

Vergegenwärtigen wir uns noch mal den § 4 und § 5, so hätten wir die Radien R und r aus dem Axenabstand c durch die Umdrehungszahl i erhalten,

da $R = \frac{i\,c}{i+c}$ und $r \frac{c}{i+1}$

Da nun die Teilkreisdurchmesser gleich 2 . R und 2 . r sind, die vollen Durchmesser durch Zulegung der Kopfhöhen erhalten werden, so muß auch aus den vollen Durchmessern leicht die wirksamen Durchmesser oder Teilkreisdurchmesser wieder erhalten werden können, wenn man die Kopfhöhen kennt.

Bezeichnen wir den Teilkreis- oder Wirksamen-Durchmesser mit Dw, den vollen Durchmesser mit Dv, so hätten wir für das Rad $Dv = Dw + 2 . \frac{t}{2}$ $= Dw + t$. Also wirksamer Durchmesser zu der Teilung.

Die Teilung ist:

$t = \frac{2 . R . \pi}{Z} = \frac{Dw . \pi}{Z}$ Also Teilung gleich wirksamen Durchmesser geteilt durch die Zahnzahl, ferner ist: $Dw = \frac{\text{Teilkreisumfang}}{\pi} = \frac{Z . t}{\pi}$ also Zahnzahl mal Teilung geteilt durch 3,14.

Die Teilung kann aber erhalten werden aus

$$t = \frac{Dv . \pi}{Z + \pi}$$ Also Teilung

gleich voller Durchmesser mal 3,14
geteilt durch die Zahnzahl mal 3,14.

Nehmen wir Dv = 13,14
Zahnzahl Z = 10
so hätten wir

$$t = \frac{13{,}14 \times 3{,}14}{10 + 3{,}14} = \frac{41{,}2596}{13{,}14} = 3{,}14$$

ziehen wir die Teilung 3,14 vom vollen Durchmesser 13,14 ab so ist der wirksame Durchmesser gleich 10.

Beim Trieb hätten wir:

$dv = dw + 2 . 02\ t = dw + 0{,}4\ t$
$= 10 + (04 \times 3{,}14) = 10 + 1{,}256 = 11{,}256 = dv$

$$\text{ferner } t = \frac{dv \cdot \pi}{Z + 0{,}4\,\pi} = \frac{35{,}344}{11{,}256} = 3{,}14$$

$$\text{ferner } dw = \frac{Z \cdot t}{\pi} = \frac{10 \cdot 3{,}14}{3{,}14} = 10.$$

Für das Trieb mit spitzer Wälzung gleich 0,6 . t wäre: $dv = dw + 2 \cdot 03\,t = dw + 0{,}6\,t$

$= 10 + (0{,}6 \times 3{,}14) = 10 + 1{,}884 = 11{,}884 = dv$

$$t = \frac{dv \cdot \pi}{Z + 0{,}6\,\pi} = \frac{37{,}316}{11{,}884} = 3{,}14.$$

Man kann auch ziemlich genau durch Abmessen zweier benachbarten Radzähne annähernd die Teilweiten erhalten, indem man das erhaltene Maß durch 3 teilt und mit 2 multiplicirt, da ein Zahn und eine Lücke beim Rade gleich einer Teilweite ist. — Dieses hat man dann blos vom vollen Durchmesser des fertigen Rades abzuziehen, um den Wirksamen- oder Teilkreisdurchmesser zu erhalten.

Beim Trieb müßte man, im Fall die Stabdicke 0,4 . t ist, das erhaltene Maß durch 3,5 teilen und dieses vom vollen Durchmesser abziehen, wenn das Trieb einen abgerundeten Stab hat. Hat es dagegen eine schlanke Wälzung, so müßte man das erhaltene Maß durch 2,35 teilen.

Die Teilung des Triebes durch Abmessung zu bestimmen, wird aber bei wenigstäbigen Trieben kein genaues Resultat geben, und bedient man sich hierzu besser der weiterhin angeführten Triebtabelle.

8) Ist der Teilkreisdurchmesser des einen Rades R × 2 und die Zähnezahlen der beiden Räder Z und z bekannt, so ist daraus der Teilkreis-Durchmesser des anderen Rades leicht zu bestimmen,

da $\frac{Z}{z} = \frac{u}{U} = \frac{R}{r}$. Nehmen wir Zahnzahlen von $Z = 50$ und $z = 10$ und $2 \times R = 200$ so ist $\frac{50}{10} = \frac{1}{5} = \frac{100}{20}$ oder auch, da die Uebersetzungszahl $i = 5$, so ist $r = \frac{R}{5} = \frac{100}{5} = 20$.

Von besonderem Werthe ist das Zeichnen der Eingriffe, um sich die richtige Form der Zähne zu versinnlichen, und sich in der Theorie der Verzahnungen zu üben. Nach den im Anfange beigegebenen Erläuterungen wird es schon nicht schwer fallen, Zeichnungen nach gegebenen Aufgaben zu lösen, wenn man sich nur merkt, daß bei der Cycloiden-Verzahnung der Teilkreis auch der Grundkreis für die Cycloide und der Anfang der Kopfhöhe des Zahnes ist, dagegen bei dem Evolventen-Eingriff Teil- und Grundkreise verschieden sind. Auf dem Teilkreis ist in der erwähnten Weise die Teilung der Zähne zu bestimmen, indem die Zähnezahl in den Umfang des Teilkreises geteilt wird.

Man nehme Zahn gleich Lücke für das Rad und zeichne die Kopfhöhe, indem man die construirte Curve durch ähnliche Kreisstücke bei den Zähnen ersetzt. Man achte darauf, daß man bei den kleinen Eingriffen der Präcisionswerke die Führung des Radzahnes nach der Centrale wirken läßt und die Dicke der Triebstärken unter 11 gleich 1/3 und über 11 gleich 0,4 der Teilung rechts der Centrale anträgt.

Will man aber größere Räder als Satzräder zu Drehbänken u. s. w. zeichnen, so macht man die Zähne der beiden ineinandergreifenden Räder gleich breit und macht den Zahn etwa um 1/20 kleiner wie die Lücke. Die Höhe für den Zahnkopf wird dann auf 0,3 . t abgestumpft und die Fußflanke innerhalb des Teilkreises 0,4 . t lang gemacht.

Bei der Evolventenverzahnung ist wie erwähnt, der Grund-

kreis G für die Evolvente innerhalb des Teilkreises T zu legen (vergleiche Tafel 2, Fig. 8 und den Text), welcher durch die Gerade S S im Winkel von 75 Grad mit der Centrale r r bestimmt wird. Bis zur Zähnezahl 70 liegt der Grundkreis außerhalb des Fußkreises, der den Fuß innerhalb des Teilkreises begrenzt und das Stück zwischen beiden Kreisen wird gerade oder am Fuße etwas wie in der Tafel 2 verstärkt. — Bei Zähnezahlen größer als 80 liegt der Grundkreis G innerhalb des Fußkreises F.

Als ersetzende Kreisstücke für die Evolvente nehme man für das Bogenstück s o als Krümmungsmittelpunkt den Berührungsmittelpunkt a von der Tangente n, der durch die halbe Kopfhöhe vom Teilkreis angerechnet geht, und für das Bogenstück O S den Krümmungsradius

gleich 0,3 von a bei Zähnezahlen von 11—20
„ 0,4 „ a „ „ „ 21—51
„ 0,5 „ a „ „ „ 32—60.

Dagegen für die Zahnzahlen über 60 die Tangente für den Krümmungsmittelpunkt durch die halbe Zahnhöhe vom Grundkreise an gerechnet gelegt werden muß, und kann die Evolvente mit diesem Bogenstück für diese Zahnzahlen ganz vollendet werden. Diejenigen, die mit dem Rechnen gut vertraut sind, mögen sich die Krümmungs-Radien aus folgenden Formeln entwickeln:

Krümmungsradius $Q\,i = 0{,}023 \,.\, Z \,.\, t$

— — $Q\,a = 0{,}412 \,.\, t \sqrt{Z^2 + 31{,}2 \,.\, Z + 16{,}5}$

und für die Zahnzahl über 60 $Q = 0{,}0412 \,.\, Z \,.\, t.$

Wollte man nach einer gegebenen Axenweite 2 Kegelräder anfertigen, so bestimme man die Lager der Axen zu einander und zeichne in einem bestimmten vergrößerten Verhältnisse, in ähnlicher Weise wie in Tafel 6, Fig. 16 die Grundkegel. Alsdann sind die Zähne auf den Grundkreisen G G′ der Ergänzungskegel zu construiren (Fig. 17), und hieraus die

vollen Durchmesser vV' der beiden Kegelräder zu bestimmen. Ist die Zahnbreite oder auch die Höhe gegeben, so kann durch Abmessung der vollen Durchmesser am Zahnkopfe außerhalb und innerhalb der Kegel, und durch Auftragen auf das Arbeitsstück die richtige Kegelform bestimmt werden.

Allgemeines.

Für sorgfältige und genauere Arbeiten empfiehlt es sich nicht, Triebe von weniger als 10 Zähnen anzuwenden, weil nur von dieser Zahnzahl aufwärts eine gleichmäßige Führung erwartet werden kann, da je höher die Zahnzahl um so kleiner die Führung auf den einzelnen Zahn, und um so unabhängiger der Eingriff von den Fehlern der Wälzung wird. Ein Unterschied in der Anwendung dieser Regel würde zu machen sein in kleinen Eingriffen, die, an eine bestimmte Uebersetzungszahl gebunden, um so weniger Sicherheitsraum zwischen den Zähnen erhalten, je höher die Zahnzahlen sind. Es ist daher nicht gleich, in was für Dimensionen die Verzahnungen ausgeführt werden, und was für speciellen Zwecken dieselben dienen sollen. Wenn für größere Maschinen daher eine Einheit herrscht in Bezug auf Kopfhöhe und Zahnluft, so werden diese Regeln hinfällig bei Verzahnungen der kleineren Räder an Uhren, welche eine größere Zahnluft erhalten müssen. Kommt hier noch in Rechnung die größere Empfindlichkeit für Staub, so findet man auch die Berechtigung in der Beibehaltung der sechsstäbigen Getriebe in den letzten empfindlichsten Teilen der gewöhnlichen Uhren zum bürgerlichen Gebrauche, wenngleich man für bessere Uhren mit gut schließenden Gehäusen möglichst Triebe von wenigstens 8, noch besser aber nicht unter 10 Stäben anwenden sollte.

Wenn erklärt ist, wie in den kleinen Eingriffen der Präcisionsmechanik die Vorreibung (siehe Tafel 5) vermieden wird

durch eine besondere Anordnung der Verzahnung, so gilt dieses nur vom Getriebe 10 an aufwärts. Triebe mit weniger als 11 Stäben besitzen Vorreibung, die man aber um so mehr vermindert, als man die Stäbe derselben dünn und die Radzähne breit macht, und ihnen dadurch eine längere Wälzung giebt. Selbst das Trieb 10 muß noch einen schlanken Stab haben, wenn es nach der Centrale im Angriff möglichst hergestellt werden soll. Von hier an können die Triebstäbe etwas stärker als 0,4 . t ausgeführt werden. Bei den Getrieben von über 12 Stäben können die darin greifenden Radzähne etwas gestumpft sein, weil hier schon nicht mehr die ganze Wälzung zur Wirkung kömmt, jedoch ist den Radzähnen der Getriebe unter 12 die ganze Wälzung zu lassen, hier wird die Kopfhöhe als die Höhe über dem Teilkreis durch die Länge der Wälzung bestimmt, welches sich mit der Zahnbreite oder höheren bez. niedrigeren Zahnzahlen ändert.

Es empfiehlt sich namentlich für junge Leute, durch sorgfältiges Zeichnen der Verzahnungen und der Zahncurven sich Kenntnis und ein richtiges Urteil über die Zahnformen anzueignen, es können nach den in Seite 28 gegebenen Formeln die Teilkreise sowie die Axenentfernungen bestimmt werden, welche mit einer Schublehre auf das Arbeitsstück übertragen, bei sorgfältiger Einbohrung der Löcher sehr gute Eingriffe ergeben, deren Resultate befriedigen werden.

Es ist unrichtig, wenn man annimmt, daß bei den Cycloiden-Eingriffen ein eigentliches Wälzen des Rades stattfindet; dieses ist nicht der Fall, weil, wenn man die in Wirkung tretende Wälzung des Rades mit der in Wirkung tretenden Flanke des Triebes vergleicht, letztere ungleich kürzer ist, daher eine Verschiebung der beiden gegeneinander wirkenden Teile stattfinden muß. Diese Verschiebung ist aber nicht so nachteilig, wenn die Zahnform richtig ist, weil dann eine gleichförmige Weiterbewegung der beiden Teile stattfindet; ja sie

scheint sogar für die ganz kleinen Eingriffe günstig zu sein, da die kleinen Staubteilchen sich eher hinausarbeiten.

Diese Verschiebung der wirkenden Flächen findet am meisten bei dem in Tafel 4, Fig. 12 gezeichneten Laternen-Eingriff statt, da fast die ganze Wälzung sich an einem Punkte des Triebstabes abschleift. Aus diesem Grunde und auch wegen der härteren eingehenden Vorreibung, sollte dieses Trieb niemals unter 10 angefertigt werden, da mit der höheren Zahnzahl ein kleinerer Teil der Wälzung in Wirkung tritt, somit der Abnutzung weniger unterworfen und der Eingriff ein besserer ist.

Mit der in Tafel 8 gegebenen Vorrichtung ist es leicht, die Zahncurven der Radzähne in den Präcisions-Arbeiten richtig herzustellen, sie ist Erfindung des Verfassers und mit Erfolg practisch ausgeführt.

In der Fig. 1 ist eine kleine sogenannte Uhrmacher-Prismen-Drehbank dargestellt; anstatt des Sattels ist ein kleiner Support oder Schlitten befestigt, der den Stichel oder die Zahnfräse F trägt; derselbe ist sowohl in der Höhe als in der Tiefe durch die Schrauben d und e verstellbar. Die linke Drehstuhlspitze trägt den Spitzfräsenhalter h, welcher durch den Knopf K zu drehen ist. Die Spitzfräse i' i ist durch die Schraube x excentrisch einzustellen. Vergleicht man Tafel 2, Fig. 9, und nimmt z. B. für den kleinen Kreis i k den Durchmesser der Spitzfräse selbst, zieht ferner in derselben Tafel und Figur die Tangente T g, T g, und die Linie K D W, bestimmt den Winkel als in der Fig. 9 mit 16°, so ist dieser Winkel bei W Tafel 8 Fig. 21 angebracht, und die Fräsenspitze gleich der Entfernung D K Fig. 9, Tafel 2 entsprechend der Radgröße excentrisch versetzt, dieses geben die Elemente, womit man eine Curve an den Stichel oder die Zahnfräse herstellen kann, die der mathemathischen Form fast gleich zu nennen ist.

Auf folgende Weise kann man auch eine annähernd richtige Zahnform erhalten. Denkt man wie in Fig. 8, Tafel 8

etwa 3 Zähne zu einem Kreisbogen vereinigt, je nachdem in einer angefertigten Zeichnung die Zahnwälzung sich zum Kreise vereinen läßt, und fertigt sich eine Stahlscheibe in einem Verhältnis entsprechend zu dem anzufertigenden Rade von ungefähr 4 mm. Dicke mit schwach nach innen zugeneigtem Rande; diese Scheibe gehärtet, an einem Ende auf einen Viereckstahl festgeschraubt, giebt für den Support einer Drehbank einen Stichel, womit man sich Fräsen auf leichte Weise herstellen kann.

Schlecht geformte und ungleiche Radzähne lassen sich mit Hülfe eingreifender Getriebe berichtigen; hierauf sind seit längerer Zeit kleine Fräsen im Handel, die den Zweck haben, die kleinen Verzahnungen der Uhren zu berichtigen. Dieselben sind unter dem Namen „Ingoldfräsen" im Handel und sind kleine Getriebe, deren Seiten oder Flanken einen feinen Hub enthalten. Um damit die Zähne zu berichtigen, sucht man für das zu berichtigende Rad eine passende Fräse aus, setzt dieselbe mit dem Rade in einen Eingriffszirkel im Eingriff und führt das Rad unter sanftem Druck gegen die Fräse einige Male hin und her, worauf sich die Unebenheiten berichtigen.

In Folgendem sind einige Triebtafeln für Triebe mit gothischen und kreisförmigen Zahnrundungen aufgestellt, wie solche sich in der Praxis Eingang verschafft haben, für kleine Räder der Uhren und ähnliche Werke.

Die Zahlen sind so gestellt, daß der Teilkreis gleich 1 ist. Man braucht daher um vom vollen Durchmesser den Teilkreis zu erhalten, nur die Anzahl der Zähne oder Stäbe in der ersten Colonne aufzusuchen, und mit der Zahl in derselben Reihe der zweiten Colonne in den vollen Durchmesser des betreffenden Triebes zu teilen, um den Teilkreis zu erhalten, umgekehrt um vom Teilkreis den vollen Durchmesser zu erhalten, der Teilkreis-Durchmesser damit multiplicirt werden muß.

Tabelle I.

Für Triebe mit kreisförmigen Stäben.

Zahl der Triebstäbe	Voller Durchmesser.	Durchmesser des Bodens.	Stärke der Triebstäbe.	Durchmesser für ungerade Stäbe.
6	1,209	0,402	0,209	
7	1,180	0,477	0,180	1,121
8	1,157	0,533	0,157	
9	1,140	0,572	0,140	1,106
10	1,126	0,611	0,126	
11	1,114	0,640	0,114	1,092
12	1,105	0,666	0,105	
13	1,097	0,684	0,097	1,081
14	1,090	0,701	0,090	
15	1,084	0,717	0,084	1,072
16	1,078	0,729	0,078	
17	1,074	0,741	0,074	1,063
18	1,070	0,751	0,070	
19	1,066	0,760	0,066	1,059
20	1,063	0,768	0,063	

Tabelle II.

Für Triebe mit gothischen Stäben, gleich der Epicycloide der Radzähne.

Zahl der Triebstäbe.	Voller Durchmesser.	Durchmesser des Bodens.	Stärke der Triebstäbe.	Durchmesser für ungerade Stäbe.
6	1,314	0,402	0,209	
7	1,270	0,477	0,180	1,206
8	1,235	0,533	0,157	
9	1,209	0,572	0,140	1,173
10	1,188	0,611	0,126	
11	1,171	0,640	0,114	1,148
12	1,157	0,666	0,105	
13	1,145	0,684	0,097	1,128
14	1,135	0,701	0,090	
15	1,126	0,717	0,084	1,113
16	1,118	0,729	0,078	
17	1,111	0,741	0,074	1,101
18	1,105	0,751	0,070	
19	1,099	0,760	0,066	1,093
20	1,094	0,768	0,063	

Als Berechnungen der Räderwerke möge noch ein kleines einfaches Beispiel der Berechnungen von Zeigerwerken für Uhren angeführt werden, mit denen, wenngleich ein specielles Eingehen der Räderwerkberechnungen von Uhren nicht hierher gehört, doch vielen gedient sein mag.

Zeigerwerke, concentrische und excentrische.

Bei Letzteren ist das Stundenrad nicht mehr über das Minutenrohr.

Die Uebersetzung ist: $\frac{\text{Stundenrad}}{\text{Minutenrad}} = \frac{12}{1} = \frac{u}{U} = i.$

Diese muß mit zwei Räderpaaren geschehen,

als: $\frac{\text{Wechselrad}}{\text{Minutenrohr}} \times \frac{\text{Stundenrad}}{\text{Wechseltrieb}} = \frac{12}{1} = \frac{R}{r} = i.$

Bei Regulateuren und größeren Uhren ist:

$$\frac{12}{1} = \frac{1}{1} \times \frac{12}{1}$$

oder auch $\frac{12}{1} = \frac{2}{1} \times \frac{6}{1}$

in Taschenuhren $\frac{12}{1} = \frac{3}{1} \times \frac{4}{1} = \frac{42}{14} \times \frac{48}{12} = 12$, desgleichen

in Taschenuhren mit Bügelaufzug

$$\frac{12}{1} = \frac{2}{1} \times \frac{6}{1} = \frac{28}{14} \times \frac{60}{10} = 12$$

ferner findet man auch $\frac{2.5}{1} \times \frac{4.8}{1} = \frac{35}{14} \times \frac{48}{10} \times 12.$

Will man den Zeigerwerken gleiche Teilung geben, so ist dies zu erreichen, wenn man die Summe der Zahnzahlen vom Minutenrohr und Wechselrad, sowie vom Wechseltrieb und Stundenrad gleich macht

als: $10 + 30 = 8 + 32 = 40.$

War bei einem vorhandenen Zeigerwerk das Wechselrad verloren und die vorhandenen Zahnzahlen etwa folgende:

$$\frac{12}{1} \times \frac{10}{32} = \frac{30}{8}$$

so hättte das Wechselrad 30 Zähne und 8faches Trieb.

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Demnächst erscheint in meinem Verlage:

Lehrbuch
im constructiven Zeichnen
für Uhrmacher

von

A. Kittel
Chronometermacher in Altona.

Verfasser der im Jahre 1885 erschienenen prämiirten Zeichenvorlagen.

Enthaltend 25 Zeichnungstafeln und Text.

Preis ca. 6 Mark.

Der Zweck dieses Werkes soll ein fortschreitender Lehrgang der in der Uhrmacherei oft schwierigen Constructionen sein.

Der Text enthält neben der Anweisung für die Constructionen eine Anweisung zum trigonometrischen Berechnen der Winkel eines Compensationspendels 2c., sowie im Anhange eine Tafel mustervoll ausgeführter Zeiger.

Verlag von Anton Send in Altona.

Haus-Chronik im Blumen- und Dichter-Schmuck, errichtet von Aug. Silberstein, Blumen von M. v. Beckendorff, A. Reichelt, u. A.

3. Aufl. in imit. Schweinsleder geb. oder in eleg. Ganzleinwandband mit reicher Vergoldung und Goldschnitt à **Mk. 10.—**

Merkbüchlein für Frauen und Jungfrauen. Mit 24 chromolithographischen Bildern und Sprüchen und 100 leeren Seiten mit Linien-Einfassung zum Notiren von Recepten für Wirthschaft und Küche. Gebunden in eleg. Ganzleinwandband mit reicher Vergoldung und Goldschnitt.

Preis statt Ladenpreis Mk. 20.— **nur Mk. 14.—**

Kubik-Tabellen

enthaltend

die Angabe des Kubik-Inhalts der runden und viereckigen Hölzer in Fuß- und Meter-Maaß

von

G. L. Armbrust.

Ausgabe für: Hamburg, Schleswig-Holstein und Lauenburg.
" " Preußen, (Rheinland und Westphalen.)
" " Hannover.

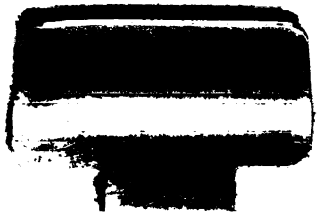
Preis gebunden à Mk. 2.50

Druck von J. F. W. Lange, Ottensen.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY,
BERKELEY

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE STAMPED BELOW

Books not returned on time are subject to a fine of 50c per volume after the third day overdue, increasing to $1.00 per volume after the sixth day. Books not in demand may be renewed if application is made before expiration of loan period.

15m-12,'24

YB 51981